

# UTILIZACIÓN DE UN ANÁLOGO CONCRETO COMO DETECTOR DE REPRESENTACIONES MENTALES IDIOSINCRÁSICAS SOBRE EL TEMA SOLUCIONES

**BEKERMÁN<sup>1</sup>, DIANA y GALAGOVSKY<sup>2</sup>, LYDIA**

<sup>1</sup> Química Orgánica II(B), Departamento de Química Orgánica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires. Ciudad Universitaria (UBA); Junín 956, (1113) Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1428 Buenos Aires, Argentina  
<dianagbh@ffyb.uba.ar>

---

**Palabras clave:** Soluciones; Analogías; Representaciones mentales; Uniones intermoleculares.

## INTRODUCCIÓN

La comprensión de los conceptos “solución”, “solubilidad” y “disolver” pareciera ser muy sencilla, en virtud de que su enseñanza se incluye en los primeros años de la EGB. Sin embargo, hemos observado que muchos estudiantes de cursos superiores, incluso universitarios, cometen errores que podrían fundarse en una comprensión errónea de dichos conceptos.

El trabajo de indagación sobre aprendizajes y representaciones mentales idiosincrásicas fue llevado a cabo con 21 estudiantes del 4º año del bachillerato. Ellos ya habían aprobado mediante una evaluación tradicional la unidad “Uniones químicas”, un par de meses antes de llevar a cabo las actividades aquí descriptas.

## OBJETIVOS

1. Utilizar una serie de analogías para evaluar la comprensión en el tema soluciones en estudiantes de la asignatura Química, de Bachillerato (16 años).
2. Cotejar repuestas tanto verbales como gráficas con el objeto de determinar incoherencias entre ellas que evidencien fallas en la comprensión.
3. Analizar las posibles causas de los errores encontrados.

## DESARROLLO

Los estudiantes de la muestra habían estudiado ya en 3er año los temas: Sistemas Materiales, Modelos Atómicos, Soluciones y Uniones Químicas. El enfoque de enseñanza había contemplado los tres niveles de la Química, propuestos por Johnstone (1991).

La planificación para llevar adelante la indagación constaba de varias actividades: una experimental en laboratorio, elaboración de redes conceptuales, resolución de cuestionarios escritos con aporte bibliográfico y, finalmente, la actividad con las analogías, que se planteó como evaluación y se desarrolló en seis horas, a lo largo de 4 clases.

En la etapa previa a la utilización del análogo, los estudiantes hicieron experiencias con solventes y armaron la siguiente tabla:

TABLA 1

Sistema	Tipo de sistema	Polaridad de la sustancia a disolver	Polaridad del solvente
1 <i>Etolanol en agua</i>	Homogéneo	Polar	Polar
2 <i>Cloruro de sodio en agua</i>	Homogéneo	Iónico	Polar
3 <i>Azúcar en agua</i>	Homogéneo	Polar	Polar
4 <i>Tolueno en agua</i>	Heterogéneo	No polar	Polar
5 <i>Tolueno en ciclohexano</i>	Homogéneo	No polar	No polar
6 <i>Yodo en Cloruro de metileno</i>	Homogéneo	No polar	No polar
7 <i>Yodo en agua</i>	Homogéneo	No polar	Polar

Luego de este trabajo con las sustancias a nivel macroscópico, se solicitaron en cuestionarios escritos las definiciones de conceptos tales como: Electronegatividad, Uniones entre átomos: Iónica; covalente común y coordinada; metálica; estructuras de Lewis; unión covalente polar y no polar; geometría molecular (TRePEV); uniones intermoleculares: de London, dipolo-dipolo; dipolo-dipolo inducido; ión-dipolo; puente de hidrógeno. Se efectuó una red conceptual que incluía también los conceptos de ión, carga, átomo, molécula polar, molécula no polar, enlaces polares y enlaces no polares, y los de la Unidad Soluciones: soluto, solvente, concentración, sistemas materiales. Así, se repasaron los contenidos teóricos, en forma previa a la indagación con analogías.

Dado que la indagación consistió en proponer a los estudiantes una guía de actividades con consignas sobre las experiencias con las cuatro analogías, se implementó un Modelo Didáctico Analógico (Galagovsky y Adúriz Bravo, 2001), como instancia de evaluación de aprendizajes realizados previamente. Las respuestas fueron individuales, las discusiones fueron en pequeños grupos. En la Tabla 2 mostramos los materiales de cada experiencia y nuestro planteo teórico de correlación entre cada analogía y los sistemas materiales estudiados.

TABLA 2  
Planteo teórico de correlación entre las experiencias con analogías y los conceptos científicos.

Analogías*	Correlación con Sistemas Materiales, analoga a:	Justificación
Experiencia 1 Imanes pequeños y ganchitos plásticos (GP)**	Sistema heterogéneo, formado por moléculas polares y no polares. Sería análogo al Sistema 4, de tolueno y agua.	Los imanes semejarían moléculas polares porque tienen, un polo positivo y uno negativo permanentes, que son analogables a dipolos permanentes presentes en las moléculas polares. Los GP no presentan polaridad. Dificultad previsible: los GP no se aglutinan entre sí y pueden no “parecer” una fase.

Experiencia 2: Imanes de color blanco y en menor cantidad, imanes de color negro.	Sistemas homogéneos 1, y 3, compuestos por pares de moléculas polares; como alcohol etílico-agua o azúcar-agua.	Los imanes siguen representando moléculas polares. No se distingue entre moléculas pertenecientes a líquidos o a sólidos.
Experiencia 3: Igual cantidad de (GP) y de ganchitos forrados (GF)***	Sistemas homogéneos de moléculas no polares 5 y 6: tolueno en ciclohexano y yodo en cloruro de metileno.	Los GP y GF se comportan en forma similar durante la experiencia; es decir, se mezclan sin aglutinarse. Esto no da idea de interacciones, es la limitación de esta analogía para explicar dipolos transitorios que son las fuerzas intermoleculares que permiten formar estas soluciones.
Experiencia 4: Varios imanes, ganchitos forrados (GF) y ganchitos plásticos (GP).	Sistema material de tres componentes, que no había en la tabla 1. Sin embargo, al hacerse evidente que los GF se imantan y se aglutinan parcialmente con los imanes, aparece una propiedad “oculta”, que llamaremos “polarizabilidad”. La posibilidad de estos GF de ser polarizables, les otorgan la habilidad de disolverse en una fase polar y en otra no polar, como se mostró en las Experiencias 3 y 4. En la tabla 1 se observa que la sustancia Yodo se disolvió tanto en agua como en cloruro de metileno (Sistemas 6 y 7)	El concepto de <i>molécula polarizable</i> es nuevo. En la teoría previa los conceptos son extremos opuestos (polar, no polar, enlacc iónico o covalente). La analogía permitiría a los estudiantes comprender cómo un dipolo (imán) induce polarización (GF); así como ocurre con las moléculas polarizables frente a iones o dipolos. Con la experiencia se pretende generar un conflicto cognitivo en los estudiantes, o, al menos, hacerlos reflexionar sobre sus conocimientos previos

\*En todas las experiencias se presentan los elementos (imanes o ganchitos) inicialmente dispersos sobre una superficie y se solicitó a los estudiantes los volcaran en un recipiente, y agitaran el sistema.

\*\*Del tipo sostenedores de hojas, en aproximadamente igual cantidad.

\*\*\* Se trata del mismo tipo de sostenedores de hojas, hechos de metal imantable, pero forrados en plástico.

A continuación se presentan las consignas a resolver. Se ejemplifican aquí las respuestas formuladas por uno de los alumnos para dar cuenta de algunas representaciones mentales idiosincrásicas de muchos de los 21 estudiantes.

**Consigna 1)** La Experiencia 1 es análoga a algún/os de los sistemas materiales de la Tabla 1:

1-1) ¿De cuáles y por qué?

1-2) Dibuja tu explicación, a nivel macro (número de fases) y microscópico (en qué consisten las vinculaciones entre elementos componentes)

1-3) Completa el siguiente cuadro:

Conceptos y procesos del análogo	Se corresponde con el concepto científico de...

**Consigna 2)** La Experiencia 2 es análoga a algún/os de los sistemas materiales de la Tabla 1.

- 2-1) Explica qué sucede
- 2-2) Dibújalo a nivel macro y microscópico
- 2-3) ¿Qué analogan los imanes blancos y negros?
- 2-4) ¿En general, qué tipo de moléculas podrían analogarse con imanes?
- 2-5) ¿Qué sistemas estudiados podrían analogarse con este caso?
- 2-6) Completa el siguiente cuadro.

Conceptos y procesos del análogo	Se corresponde con el concepto científico
Imanes negros	
Imanes blancos	
Dipolo imanes blancos	
Dipolo imanes negros	
Unión entre imanes	

**Consigna 3)** La Experiencia 3 es análoga a algún/os de los sistemas materiales de la Tabla 1:

- 3-1) Explica qué sucede
- 3-2) Dibújalo a nivel macro y micro.

**Consigna 4)** La Experiencia 4 es análoga a algún/os de los sistemas materiales de la Tabla 1:

- 4-1) Dibuja qué observas, indicando las uniones entre el imán y los GF y entre los GP, a nivel macro y microscópico.
- 4-2) ¿Podrían haberse unido los ganchitos sin la presencia del imán? ¿Por qué?
- 4-3) Completa el cuadro.

Conceptos y procesos del análogo	Se corresponden con el concepto científico
GF	
GP	
Imán	
Unión GF- imán	
Relación GP- imán	
Unión GF – GF	
Unión GP-GP	

Nuestras expectativas eran que al integrar los conocimientos previos con esta actividad de experiencias con analogías, surgirían naturalmente las correlaciones que se muestran en la Tabla 3.

**TABLA 3**  
**Correlaciones derivables del trabajo entre las analogías y los conceptos científicos del tema solución.**

Conceptos y procesos del análogo	Se corresponden con el concepto científico
GF	Moléculas no polares. Polarizables
GP	Moléculas no polares. Escasamente polarizables
Imán	Molécula polar
Unión GF- imán	Unión dipolo permanente – dipolo inducido
Relación GP- imán	No se produce interacción.
Unión GF – GF	Unión dipolo inducido – dipolo inducido
Unión GP-GP	Fuerzas de London

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizan a continuación las respuestas de un estudiante, identificado como X.

### Consignas 1:

La respuesta a 1-1) es: “*Los imanes se unieron, quedando así los ganchitos por separado. Esto se asimila a un sistema heterogéneo en el cual se diferencian dos fases*”.

Se observa que es capaz de analogar a “fases” el hecho de que imanes y ganchitos aparezcan en sectores diferentes. No precisa a cuál de los sistemas estudiados alude, no completa el cuadro 1-3, ni explica qué características diferencian a los imanes de los GP.

El dibujo 1-2 se presenta en la Figura 1: sólo dibuja el nivel macroscópico; identifica a los imanes con circulitos y a los ganchitos con triangulitos, tal como los ve. No menciona verbalmente ni utiliza ninguna representación submicroscópica para indicar qué tipo de molécula habría en cada fase. En clases habíamos usado un código gráfico señalando densidades positivas y negativas en los extremos de un óvalo, para representar moléculas polares.

### Consigna 2:

La respuesta a 2-1) es: “*Los imanes se atrajeron todos, ya que una carga pasa a la otra, quedando así todos unidos. Esto se asimila a un compuesto iónico formado por átomos con carga*”.

El dibujo 2-2) se muestra en la Figura 1: Se observa que el Estudiante X vuelve a representar lo que ve macroscópicamente; no utiliza códigos para expresar gráficamente desde el nivel microscópico la existencia de “cargas”, a pesar de mencionarlas verbalmente.

Las respuestas 2-2); 2-3) y 2-4) son muy interesantes porque son: “*a un compuesto iónico*”; a “*moléculas compuestas*”, y “*un sistema homogéneo*”, respectivamente. No analoga a ningún sistema material y no completa el cuadro.

Aparentemente, la visión del aglutinamiento entre imanes le remitiría a la aparición de *cargas que se transmiten entre compuestos iónicos*; mientras que el producto aglutinado formado por imanes blancos y negros le recuerda a las *moléculas compuestas*. Esto parece indicar que tiene conocimientos asilados en su memoria de largo plazo (MLP) (Mayer, 1985) y sus percepciones visuales le activan recuerdos que traduce en lenguaje verbal, sin asumir conflictos cognitivos por eventuales incoherencias conceptuales. Quizás sus respuestas estén sustentadas en los siguientes hechos de enseñanza en clase que sí son coherentes:

- Un cristal iónico se forma por atracción electrostática entre sus iones de cargas opuestas (cada ión tiene carga).
- Las moléculas compuestas se dibujan con esferitas enlazadas de diferentes colores.
- Un compuesto es una sustancia pura y, por lo tanto, un sistema homogéneo.

### Consigna 3:

La respuesta a 3-1) es: “*Se formó un sistema homogéneo formado por dos moléculas distintas, por lo tanto es una solución, se disolvió la molécula polar en la no polar*”.

El dibujo se muestra en la Figura 1 (pág. 7): simboliza los GF con óvalos (tienen esa forma) y los GP como triangulitos.

No asigna ningún sistema material como análogo. Pareciera que la idea de asignar a los GF la calidad de molécula polar la deriva luego de haber realizado la Experiencia 4.

### Consignas 4:

La respuesta a 4-1) es: “*Al poner los iones (imanes), en la solución anterior, las moléculas polares se juntaron con los iones (forma una fase) y quedaron por otro lado las moléculas no polares (ganchitos de plástico) que forman otra fase, quedando así un sistema heterogéneo.*” El dibujo aparece en la figura 1.

La respuesta 4-2) es: “*no porque ninguno de los dos posee carga*”. Esto parece indicar que el estudiante X ha construido las siguientes representaciones mentales idiosincrásicas:

- Una molécula polar no tiene carga; sólo los iones tiene carga.
- Describe cómo sustancias iónicas se disuelven en las sustancias polares formando una fase separada de la de la sustancia no polar.

El estudiante X no se planteó conflictos cognitivos sobre la aparición de la propiedad de **polarización de los GF**; sencillamente, utilizó para interpretar las experiencias aquellos conceptos que ya guardaba en su MLP, y sólo contestó las consignas que eran coherentes con sus representaciones mentales idiosincrásicas. Completó el cuadro 4-3) de la siguiente forma:

<i>Conceptos y procesos del análogo</i>	<i>Se corresponden con el concepto científico</i>
<i>GF</i>	Moléculas polares
<i>GP</i>	Moléculas no polares
<i>Imán</i>	Iones
<i>Unión GF- imán</i>	Solución
<i>Relación GP- imán</i>	-
<i>Unión GF – GF</i>	Molécula simple
<i>Unión GP-GP</i>	-

## CONCLUSIONES

El trabajo con analogías sobre las que cada estudiante debe contestar consignas que le solicitan encontrar las correlaciones entre los componentes de la analogía y los conceptos científicos analogables, han mostrado en esta indagación cómo los estudiantes pueden construir en sus mentes representaciones mentales idiosincrásicas “cerradas”.

El caso del estudiante X, que ha dejado de contestar gran parte de las consignas nos permite percibir hasta qué punto nuestras enseñanzas correctas que se constituyeron en aprendizajes correctos, fuerzan a los buenos estudiantes a procesar la nueva información, desde las representaciones mentales han construido; siendo más fuerte éstas que plantearse algún conflicto cognitivo.

Esta indagación nos muestra que las representaciones mentales de expertos y novatos son diferentes (Galagovsky y cols, 2003); y que ambas son utilizadas para construir modelos del mundo. Evidentemente, los aprendizajes correctos del Estudiante X están tomados como verdades absolutas por él; y son, en realidad, verdades a medias, dichas por el docente, tal como se resume en la Tabla 4.

**TABLA 4**  
**Diferencias entre representaciones mentales del docente y del**

<b>Afirmaciones cerradas tomadas por el Estudiante X</b>	<b>Aclaraciones adicionales que maneja el experto</b>
Un cristal iónico se forma por atracción electrostática entre sus iones de cargas opuestas (cada ión tiene carga)	Una cristalización es diferente de una disolución
Las moléculas compuestas se dibujan con esferitas enlazadas de diferentes colores	Las esferas pueden representar átomos, moléculas, iones, partículas. Una solución de dos componentes puede representarse mediante círculos de dos colores diferentes que se hallan aproximados; incluso, se pueden dibujar líneas punteadas que muestren uniones intermoleculares.
Un compuesto es una sustancia pura y, por lo tanto, un sistema homogéneo.	Las soluciones también son sistemas homogéneos

Una molécula polar no tiene carga; sólo los iones tienen carga.	Una molécula polar tiene dipolos permanentes, que son densidades de cargas opuestas. A esos dipolos puede calcularse una “carga formal”. Los iones siempre tienen cerca otros iones de carga opuesta.
Describe cómo sustancias iónicas se disuelven en las sustancias polares formando una fase separada de la de la sustancia no polar.	Se suele decir: “lo igual disuelve lo igual”. Así, las sustancias polares disuelven otras sustancias polares, y iones; y las sustancias no polares, disuelven otras no polares. Sin embargo, el concepto de polarizabilidad, que implica la formación de dipolos transitorios, ofrece un modelo para interpretar el por qué hay solubilidades parciales y comportamientos de solubilidad intermedios.

## BIBLIOGRAFIA

- GALAGOVSKY, L y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242, Barcelona, ICE.
- GALAGOVSKY, L.R.; RODRÍGUEZ, M.; STAMATI, N.; MORALES, L.F. (2003). Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto Reacción Química a partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.
- JOHNSTONE, A. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom what They Seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, pp 75-83.
- MAYER, R.E. (1985). *El futuro de la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza.

**FIGURA 1**  
Representaciones gráficas dadas como respuestas dadas por el Estudiante X.

